

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-153140

(43)Date of publication of application : 08.06.1999

(51)Int.Cl.

F16C 33/62
C22C 14/00
C22F 1/18
F16C 33/32
// C22F 1/00
C22F 1/00
C22F 1/00
C22F 1/00
C22F 1/00

(21)Application number : 09-318244

(71)Applicant : NIPPON SEIKO KK

(22)Date of filing : 19.11.1997

(72)Inventor : TAKAGI SETSUO
UEDA KOJI
OHORI MANABU

(54) BARING FOR SPECIAL ENVIRONMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a titanium alloy with a remarkably hardened α' martensite system and with a long service life under a special environment such as underwater.

SOLUTION: In a bearing for a special environment equipped with a bearing ring and a rolling element, at least one of the bearing ring and the rolling element is made of a titanium alloy containing 1.0 to 5.0 wt.% of Cr, of a first class or second class 0.2-0.9 wt.% of oxygen, N(nitrogen) 0.1-0.5 wt.% of nitrogen and 0.1-0.5 wt.% of carbon with the rest Ti and inevitable impurities. The structure of the titanium alloy is composed of α' martensite system $\geq 80\%$ in volumetric ratio.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-153140

(43) 公開日 平成11年(1999) 6 月 8 日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	F I
F 1 6 C 33/62		F 1 6 C 33/62
C 2 2 C 14/00		C 2 2 C 14/00 Z
C 2 2 F 1/18		C 2 2 F 1/18 H
F 1 6 C 33/32		F 1 6 C 33/32
// C 2 2 F 1/00	6 3 1	C 2 2 F 1/00 6 3 1 A
審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 7 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願平9-318244

(22) 出願日 平成9年(1997)11月19日

(71) 出願人 000004204

日本精工株式会社
東京都品川区大崎1丁目6番3号

(72) 発明者 高木 節雄

福岡県福岡市東区箱崎1丁目10-1

(72) 発明者 植田 光司

神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号
日本精工株式会社内

(72) 発明者 大堀 学

神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号
日本精工株式会社内

(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外5名)

(54) 【発明の名称】 特殊環境用軸受

(57) 【要約】

【課題】 著しく硬化した α' マルテンサイト組織を有するチタン合金を得ることができ、かつ水中等の特殊環境下で長寿命であることを課題とする。

【解決手段】 軌道輪と転動体とを具備した特殊環境用軸受において、前記軌道輪及び転動体の少なくとも一つは、その成分がCr: 1.0~5.0重量%を含有し、更にO(酸素): 0.2~0.9重量%、N(窒素): 0.1~0.5重量%、C(炭素): 0.1~0.5重量%の1種あるいは2種以上及び残部Ti並びに不可避不純物を含有したチタン合金について、組織が体積比で80%以上の α' マルテンサイトからなることを特徴とする特殊環境用軸受。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 軌道輪と転動体とを具備した特殊環境用軸受において、前記軌道輪及び転動体の少なくとも一つは、その成分が

Cr : 1.0～5.0重量%

を含有し、更に

O : 0.2～0.9重量%

N : 0.1～0.5重量%

C : 0.1～0.5重量%

の1種あるいは2種以上及び残部Ti並びに不可避不純物を含有したチタン合金について、組織が体積比で80%以上の α' マルテンサイトからなることを特徴とする特殊環境用軸受。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は特殊環境用軸受に関し、特に食品機械、半導体製造機器や化学繊維製造機等、水や海水、化学薬品等の腐食性の環境下で用いられる特殊環境用軸受に関する。

【0002】

【従来の技術】周知の如く、チタン合金は、比強度が鉄鋼材料に比べ大きく、また耐食性に関してもステンレス鋼のそれを大きく上回り、特殊環境用軸受材料として期待されていた。

【0003】一般に、 $\alpha + \beta$ 型、 β 型チタン合金に代表される高強度チタン合金の強化方法としては、 β 相領域あるいは $\alpha + \beta$ 二相領域で溶体化処理後、時効処理により、 β マトリックス中に α 相を微細に析出させた析出強化が主になされており、高強度 β 型チタン合金では引張強さが150kg/mm²以上に達する合金が開発されている。

【0004】しかしながら、これらの合金において上述した熱処理を施しても硬さはHRC35～45程度が限界で、転がり軸受として適用するには表面硬化処理を施して表面硬さを向上させる必要があった。

【0005】例えば、特公昭61-2747には、浸炭、浸炭窒化あるいは窒化処理によりチタンまたはチタン合金の表面層にC、N、Oを固溶させ、軸受として必要な硬さを得る熱処理法が開示されている。しかし、長時間処理を施しても硬化層深さが浅く、また素材のチタン合金の硬さが低いため、心部の硬さが不足し寿命延長の硬化が小さく、軸受としての適用は進んでいないのが実情である。即ち、チタン合金を軸受に適用するには、現在実用化されているチタン合金の硬さを大幅に引き上げる必要があった。

【0006】一般に、軸受用鋼として使用されているSUJ2やSUS440Cは、焼入によって非常に硬質なマルテンサイトが形成され、高い硬さが得られる。これは、鉄鋼材料のマルテンサイトが侵入型元素であるCの固溶により、マルテンサイト変態時に極めて多量の格子

歪が蓄えられるためである。

【0007】一方、チタン合金についても鉄鋼材料と同様に急冷すると、合金組成によりHCP構造(hexagonal close-packed structure:六方最密充填構造)の α' マルテンサイトと斜方晶構造の α'' マルテンサイトのいずれかが生成されることが知られている。前述したチタン合金のマルテンサイトは、置換型元素の作用により形成されるため、格子歪量が少なく、一般的に鋼で形成されるマルテンサイトより硬さが低い。このため、鋼のようにマルテンサイト組織のまま利用されるケースは少なく、特にマルテンサイト組織を有するチタン合金を転がり軸受用材料として適用するのは事実上不可能と考えられていた。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記事情を考慮してなされたもので、置換型固溶元素であるCrと侵入型固溶元素であるO、N、Cの添加量を最適化することにより、従来チタン合金では得られなかった著しく硬化した α' マルテンサイト組織を有するチタン合金を得ることができ、更に α' マルテンサイトの量比を制御して転がり軸受に用いることにより、水中等の特殊環境下で長寿命な特殊環境用軸受を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、軌道輪と転動体とを具備した特殊環境用軸受において、前記軌道輪及び転動体の少なくとも一つは、その成分が

Cr : 1.0～5.0重量%

を含有し、更に

O : 0.2～0.9重量%

N : 0.1～0.5重量%

C : 0.1～0.5重量%

の1種あるいは2種以上及び残部Ti並びに不可避不純物を含有したチタン合金について、組織が体積比で80%以上の α' マルテンサイトからなることを特徴とする特殊環境用軸受である。

【0010】【作用】以下、本発明に係る合金の作用及び特性値の臨界的意義について詳述する。

【Cr含有量】チタンに置換型で固溶するCr(クロム)、Mn(マンガン)、Fe(鉄)、Co(コバルト)等の合金元素を添加し、 β 相領域から急冷すると α' マルテンサイトが形成される。本発明者等は、これらの置換型元素を添加して得られるマルテンサイトと強度の関係について研究を重ねた結果、Crを含有したマルテンサイト組織が最も硬いことを見いだした。この理由として、通常、マルテンサイト変態により硬さが向上するのは、変態の際に導入される多量の内部歪によるものであるが、CrとTiの原子半径の差が他の合金元素に比べて大きく、マルテンサイト変態した際の格子歪が他の合金元素を添加した場合に比べて大きくなり、これに

付随して導入される内部歪量が増加して硬化したものと考えられる。

【0011】一方、Crはチタンに対して置換型に固溶し、強度、硬さを向上させ、さらに状態図において高温相である β 相領域を拡大する β 相安定化元素であり、Cr含有量の増加によりMs点が降下する作用を有している。従って、添加量が過剰であるとMs点が室温以下に低下し、急冷してもマルテンサイト変態が生じなくなり、軟質な β 相が室温で残留し十分な硬さが得られない。そこで、本発明者等は急冷後の組織に及ぼすCr含有量の影響を調査し、急冷によりマルテンサイト組織が得られるCr含有量を明らかにするため以下の実験を行った。

【0012】Cr含有量を1～10重量%含有した合金について、 $\phi 30 \times 10$ mmの試験片をそれぞれ作製した。なお、これらの合金中には後述するように合金元素としてOが約0.7%含有されている。これらの試験片は、いずれの合金も β 単相域となる900～1100℃で1時間溶体化処理後、水冷した。これら試験片についてマルテンサイトの体積率及び硬さを測定した。

【0013】マルテンサイトの体積率の定量は、試験片を60%過酸化水素-10%ふっ化水素酸水溶液で化学研摩を施して表面の加工層を除去した後、CoK α 線を用いたX線回折法（日本理化学製のX線回折装置、商品名：ガイガーフレックスRAD-III）により行った。

【0014】図1は、Cr含有量とマルテンサイト体積率変化及び硬さとの関係を示す。Cr含有量が1.0%未満ではマルテンサイト単相となるが、Crの固溶強化の寄与が小さく、硬さが小さくなるため好ましくない。これに対し、Cr含有量が1.0～4.0%ではマルテンサイト単相組織が得られ、非常に高い硬さを示している。更に、Cr含有量が4.0%以上では残留 β 相が形成されるようになるが、Cr含有量が4.0～5.0%の範囲では残留 β 相量は少なく、硬さの低下はわずかである。

【0015】しかし、Cr含有量が5.0%を超えると軟質な β 相が急激に増加し、特にマルテンサイト体積比が80%未満では、硬さは大きく低下する。更に、6.0%以上の添加では β 相の安定度が高まり、 β 相域からの急冷により残留 β 単相となるため硬さは低い。なお、マルテンサイトはX線回折結果より、全て最密六方晶の α' マルテンサイトであることを確認した。

【0016】つまり、Cr含有量が1.0～4.0%であれば、 β 相領域からの急冷により α' マルテンサイト単相となり、軸受として必要な硬さを得ることができる。一方、Cr含有量が4.0～5.0%の範囲ではマルテンサイトと軟質な残留 β 相の混合組織となり、マルテンサイト単相状態と比較して硬さが若干低下するが、マルテンサイトが体積率で80%以上であれば、硬さに及ぼす影響はさほど認められない。

【0017】以上の結果より、Crの含有量は1.0%以上5.0%以下とし、 α' マルテンサイトを体積比で80%以上とした。上述したように、Crを添加して得られるマルテンサイトは他の置換型合金元素を添加した場合に比べ硬質であるが、最も硬さが高いCr含有量2～4%組成においてもHvで400程度で、Cr添加のみでは軸受として必要とされる硬さが得られない。強化元素として他の合金元素を添加する場合、置換型元素の大部分はMs点を低下させ、残留 β 相が形成されやすくなるため好ましくない。従って、マルテンサイトを強化する元素としては、チタンに侵入型で固溶する元素の添加が極めて有効であり、侵入型固溶元素としてO、N、Cが好適である。いずれの元素の状態図においても α 相領域を拡大する α 相安定化元素であり、 α/β 変態点を上昇させる作用を有する。

【0018】[O含有量] O（酸素）は、固溶限がN（窒素）、C（炭素）と比べ非常に大きく、固溶して強度、硬さ、耐食性、耐摩耗性を増大する作用があり、その効果は0.2%以上の添加で顕著となり、添加量に比例して増大する。しかしながら、添加量が0.9%を超えると著しく靱性が低下するので、Oのが含有量は0.2%以上0.9%以下とする。

【0019】[N含有量] Nは固溶して強度、硬さ、耐食性、耐摩耗性を増大する作用があり、特にNは固溶強化の程度が上述した元素のうちで上記特性が最も大きく、0.1%以上の添加で著しい。しかし、固溶限がOより小さく、添加量が0.5%を超えると強度が低下し、さらに α/β 変態点の上昇の程度がOの約2倍あり、過剰な添加は溶体化処理温度を著しく高くする必要が生じるので添加量は0.1%以上0.5%以下とする。

【0020】[C含有量] C（炭素）は、添加効果（硬さ向上）は少ないが、添加する場合はO、Nの補充元素として添加する。O、Nを入れるともろくなるので、Cで緩和する、その場合、Cは、固溶して強度、硬さ、耐摩耗性を増大し、また強度の増加に伴う延性の低下がO、Nに比べて小さく、その効果は0.1%以上の添加で著しい。しかしながら、添加量が0.5%を超えると硬さ、強度上昇させる効果が飽和するため、添加量は0.1%以上0.5%以下とする。

【0021】O、N、Cの侵入型固溶元素を添加して強化を計る場合、O及びNは固溶強化能が非常に大きいので、単独添加で軸受として必要な硬さを得ることができ、この場合、Oは0.6%以上0.9%以下、Nは0.2%以上0.5%以下が望ましい。一方、Cは固溶限が小さく、また強化能がO、Nに比べて小さく、強化元素としての効果が小さいため、Cの単独添加では軸受として必要な硬さが得られ難い。従って、Cを添加する場合には、OあるいはNまたはO、Nの両元素との複合添加が望ましい。複合添加する場合には各元素の添加量

の総和が0.5%以上となるとその効果は著しい。しかしながら、添加量の総和が0.9%を超えると、遠征、靱性が著しく低下するため、望ましくはO、N、Cの添加量の総和を0.9%以下とする。

【0022】〔熱処理条件〕本願発明は、軸受として必要な硬さを得るために体積比で80%以上のマルテンサイト組織で構成されることを特徴としている。従って、溶体化処理温度は、 β トランザスより高い温度、即ち β 相単相域で加熱保持を行うか $\alpha + \beta$ 二相領域となる β トランザス以下では β 相と α 相の量比が8:2となる温度に加熱保持しても良い。なお、上記「 β トランザス」とは、図3の状態図において、 β 単相領域から $\alpha + \beta$ 二相領域に変化する温度の線（直線（イ））上の点を示す。

【0023】冷却速度については、冷却速度が遅い場合、例えば空冷より遅い速度では、マルテンサイト組織が得られず、冷却中に結晶粒界に α 相が多量に析出して室温で $\alpha + \beta$ 二相組織となり強度が低下し、軸受として必要な硬さが得られなくなる。マルテンサイト組織を得

るには、溶体化処理温度から油冷以上の速度で急冷することが必要で、水冷処理とすることが望ましい。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例について説明する。まず、下記表1の組成を有するチタン合金及び鋼材について $\phi 30\text{mm} \times 10\text{mm}$ の円盤状試験片及びスラスト玉軸受51305を作製した。これらの試験片は、以下の熱処理を施した。

【0025】熱処理条件（1）：900～1100℃で1時間Ar雰囲気中で溶体化処理を施し、25℃の水中に水冷した。

熱処理条件（2）：900～1100℃で1時間Ar雰囲気中で溶体化処理を施し、30～60℃の油中に油冷した。

熱処理条件（3）：900～1100℃で1時間Ar雰囲気中で溶体化処理を施し、大気中に空冷した。

【0026】

【表1】

	記 号	成分(重量%)			
		Cr	O	N	C
本 発 明	A	2.05	0.75	-	-
	B	3.99	0.72	-	-
	C	4.89	0.71	-	-
	D	3.98	-	0.52	-
	E	4.03	0.39	0.22	-
	F	4.02	0.41	-	0.35
	G	4.00	-	0.25	0.41
	H	3.99	0.40	0.15	0.21
比 較 例	I	0.51	0.75	-	-
	J	5.51	0.71	-	-
	K	6.53	0.71	-	-
	L	4.00	0.15	-	-
	M	3.96	0.95	-	-
	N	3.98	-	0.05	-
	O	4.05	-	0.65	-
	P	4.00	-	-	0.45
	Q	3.99	0.22	0.11	0.11
	R	3.99	0.33	0.36	0.24
比 較 例	S	Ti-6Al-4V			
	T	Ti-15V-3Cr-3Sn-3Al			
	U	SUS440C			
	V	SUJ2			

【0027】比較例のTi-6Al-4V合金、Ti-15V-3Cr-3Sn-3Al合金、SUS440C、SUJ2の試験片については、下記表2、表3に併示した条件で溶体化・時効処理あるいは焼入・焼戻を施した。これらの試験片については、マルテンサイト体積

率、硬さ測定、塩水噴霧試験及び水中寿命試験を行って性能を比較した。

【0028】

【表2】

番号	合金種	熱処理 条件	マルテンサイト 体積率(vol%)	硬さ (HRC)	塩水噴霧 試験結果	水中寿命 ($\times 10^6$ cycle)
1	A	(1)	100	57.6	○	23.8
2	B		100	57.5	○	23.5
3	C		86	57.5	○	21.3
4	D		100	57.3	○	20.9
5	E		100	57.5	○	21.5
6	F		100	57.4	○	21.5
7	G		100	57.9	○	21.7
8	H		100	58.1	○	24.6
9	A	(2)	100	57.5	○	22.9
10	B		98	57.3	○	22.8
11	C		83	57.2	○	20.6
12	D		100	57.0	○	20.0
13	E		92	57.3	○	20.9
14	F		96	57.0	○	20.3
15	G		95	57.5	○	20.2
16	H		95	57.7	○	23.1

【0029】

【表3】

番号	合金種	熱処理 条件	マルテンサイト 体積率(vol%)	硬さ (HRC)	塩水噴霧 試験結果	水中寿命 ($\times 10^6$ cycle)
1	I	(1)	100	39.3	○	1.8
2	J		57	36.3	○	2.2
3	K		0	33.0	○	1.9
4	L		100	51.9	○	8.8
5	M		100	59.6	○	9.1
6	N		100	39.2	○	1.4
7	O		100	58.6	○	8.9
8	P		100	40.1	○	2.3
9	Q		100	42.5	○	4.4
10	R		100	59.1	○	9.8
11	S	*1	0	39.2	○	1.4
12	T	*2	0	43.6	○	1.8
13	U	*3	—	60.1	△	1.2
14	V	*4	—	62.5	×	1.1
15	A	(3)	5	42.3	○	1.2
16	B		3	42.0	○	1.3
17	C		0	40.8	○	0.9
18	D		0	38.0	○	0.7
19	E		0	38.9	○	0.9
20	F		0	37.9	○	0.9
21	G		0	41.3	○	1.3
22	H		0	43.2	○	1.8

但し、*1: 950℃水冷、540℃-4Hr時効

*2: 800℃水冷、450℃-6Hr時効

*3: 1050℃焼入、180℃-2Hr焼戻

*4: 840℃焼入、180℃-2Hr焼戻

【0030】塩水噴霧試験は35℃、5%NaCl水溶液を用いて試験時間150時間で行い、試験後の供試片の腐食性生物を除去後、重量変化を測定し、腐食速度をmm/年で評価した。なお、評価基準としては、0.13mm/年以下の場合を○、0.13～1.3mm/年

の場合を△、1.3mm/年以上の場合を×とした。

【0031】水中寿命試験は、図2に示するような水中スラスト寿命試験機を用い、スラスト転がり軸受1を被試験体として水中に保持し、水道水をオーバーフローさせながら行った。なお、図2において、付番2は水道水の

供給口3、排出口4を供えた容器である。また、付番5、6、7は、夫々前記軸受1を構成する軌道輪、軌道輪5の内側に配置された窒化珪素製の転動体、該転動体6を保持するフッ素樹脂製の保持器である。前記軸受1は、上下のシャフト8により容器2内の水中に押圧した状態で保持されている。

【0032】寿命判定は、加速度ピックアップにより検出した振動レベルが初期値の5倍程度に達した時点を軸受寿命とした。以下に試験条件を示す。

荷重：150kgf

回転数：1000rpm

試験軸受：スラスト玉軸受51305

また、マルテンサイト体積率は上述の方法を用いて測定した。

【0033】上記表2には、マルテンサイト体積率、硬さ、塩水噴霧試験及び水中寿命試験結果も示した。表2の試験片である本発明の実施例1～16の場合、いずれもマルテンサイト体積率が80%以上で、HRC57以上の硬さを有しており、また耐食性も良好で水中寿命試験結果より寿命延長の効果が著しいことが判明した。但し、実施例9～16の油冷の場合、マルテンサイト体積率及び硬さが若干低下して寿命がわずかに低下していることが確認できた。これは、溶体化処理後の冷却が油冷で水冷よりも冷却速度が小さく、冷却中に微量の α 相の析出が生じたためで、この結果から溶体化処理後の冷却方法としては水冷が望ましいと考えられる。

【0034】表3の試験片のうち比較例1は、マルテンサイト単相組織であるが、Cr含有量が過少であるため、Crの固溶強化の寄与が小さく、十分な硬さが得られていない。比較例2、比較例3はCr含有量が過大であり、 β 相の安定度が高くなり冷却時に多量の残留 β 相が形成されてしまうためマルテンサイトが体積比が80%以下に低下してしまい硬さが低い。特に、比較例3は、マルテンサイト体積率が0%、即ち残留 β 単相組織であり、硬さが低く単寿命となった。

【0035】表3の試験片のうち比較例4～9は、O、N、Cの各侵入型元素を単独に添加した場合で、いずれもマルテンサイト単相組織である。しかし、比較例4、比較例6は添加量が過少なため、硬さが低く短寿命となっている。また、比較例5、比較例7は添加量が過剰なため、硬さは高いが脆化しており、寿命延長の効果は小さい。

【0036】比較例8は、侵入型固溶強化元素としてCを単独に添加した場合であるが、添加量は請求項の範囲内であるにもかかわらず、寿命が短い。これは、上述したようにCの固溶強化能がO、Nに比較して小さく効果が不十分なためで、Cを添加する場合にはOあるいはN又はO、Nの両元素と複合添加する必要がある。

【0037】比較例9、比較例10はO、N、Cを複合添加した場合であるが、比較例9では添加量の総和が0.5%よりも小さく十分な硬さが得られていない。一方、比較例10の場合は、添加量の総和が0.9%を超えているため強化脆化してしまい短寿命となった。

【0038】比較例11、比較例12はいずれも実用チタン合金であるが、熱処理として標準的な溶体化処理時効処理を施し、 $\alpha + \beta$ 二相になっているためマルテンサイト体積率は0%である。 α 相の析出強化により溶体化処理のままの状態よりは硬さは増加しているものの、HRC40～45と低いため、短寿命である。

【0039】比較例13、比較例14はいずれも鉄鋼材料であり、非常に硬いが、塩水噴霧試験では本願発明のチタン合金より大幅に耐食性に劣っている。したがって、水中寿命試験では腐食により摩耗が急速に進行し、短寿命である。

【0040】比較例15～22は本願発明に係る合金を使用しているが、マルテンサイト体積率及び硬さが低く短寿命である。これは、溶体化処理後の冷却が空冷であるため冷却中に α 相が析出し、室温で $\alpha + \beta$ 二相組織となったためである。

【0041】つまり、本願発明で体積比で80%以上のマルテンサイトを得るためには、上述したように溶体化処理温度から油冷以上の冷却速度で冷却する必要がある、理想としては水冷処理するのが望ましい。

【0042】

【発明の効果】以上詳述した如く本発明によれば、置換型固溶元素であるCrと侵入型固溶元素であるO、N、Cの添加量を最適化することにより、従来チタン合金では得られなかった著しく硬化した α' マルテンサイト組織を有するチタン合金を得ることができ、更に α' マルテンサイトの量比を制御して転がり軸受を用いることにより、水中等の特殊環境下で長寿命な特殊環境用軸受を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】Cr含有量とマルテンサイト体積率及び硬さとの関係を示す特性図。

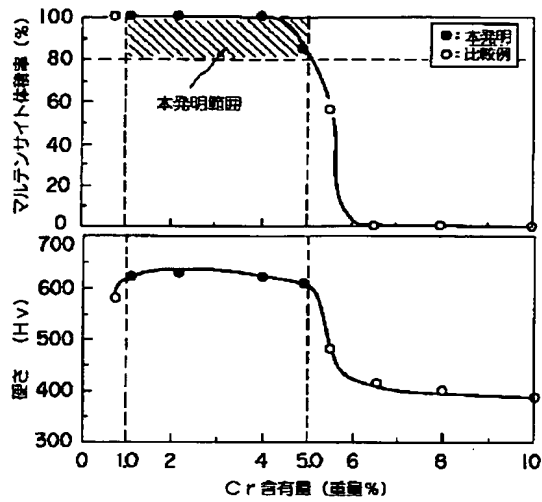
【図2】スラスト転がり軸受の水中寿命試験機の概略を示す図。

【図3】本発明における β トランザスを説明するための状態図。

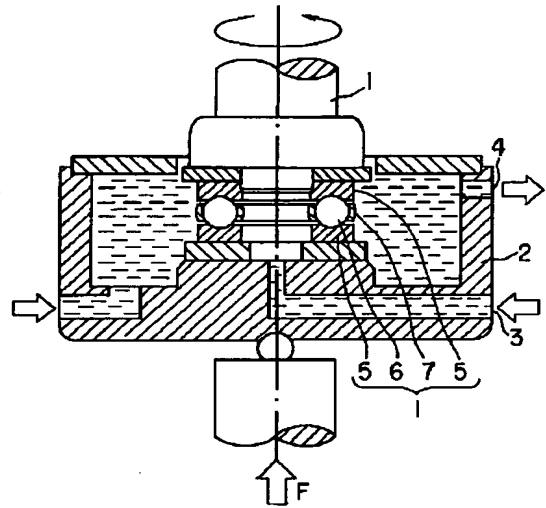
【符号の説明】

- 1…スラスト転がり軸受、
- 2…容器、
- 5…軌道輪、
- 6…転動体、
- 7…保持器。

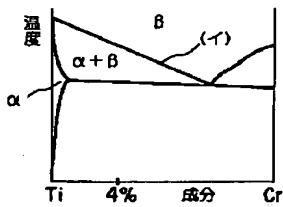
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁶

C 2 2 F 1/00

識別記号

6 4 0

6 8 2

6 9 1

6 9 2

F I

C 2 2 F 1/00

6 4 0 A

6 8 2

6 9 1 B

6 9 2 A

WEST[Generate Collection](#)[Print](#)**Search Results - Record(s) 1 through 2 of 2 returned.**☐ 1. Document ID: JP 11153140 A

L6: Entry 1 of 2

File: JPAB

Jun 8, 1999

PUB-NO: JP411153140A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11153140 A
TITLE: BARING FOR SPECIAL ENVIRONMENT

PUBN-DATE: June 8, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

TAKAGI, SETSUO

UEDA, KOJI

OHORI, MANABU

COUNTRY

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

NIPPON SEIKO KK

COUNTRY

APPL-NO: JP09318244

APPL-DATE: November 19, 1997

INT-CL (IPC): F16 C 33/62; C22 C 14/00; C22 F 1/18; F16 C 33/32; C22 F 1/00; C22 F 1/00; C22 F 1/00; C22 F 1/00; C22 F 1/00; C22 F 1/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a titanium alloy with a remarkably hardened

SOLUTION: In a bearing for a special environment equipped with a bearing ring and a rolling element, at least one of the bearing ring and the rolling element is made of a titanium alloy containing 1.0 to 5.0 wt.% of Cr, of a first class or second class 0.2-0.9 wt.% of oxygen, N(nitrogen) 0.1-0.5 wt.% of nitrogen and 0.1-0.5 wt.% of carbon with the rest Ti and inevitable impurities. The structure of the titanium alloy is composed of

COPYRIGHT: (C)1999, JPO

Full	Title	Citation	Front	Review	Classification	Date	Reference	Sequences	Attachments
Draw Desc	Image								

KWC

☐ 2. Document ID: JP 11153140 A

L6: Entry 2 of 2

File: DWPI

Jun 8, 1999

DERWENT-ACC-NO: 1999-390024
DERWENT-WEEK: 200030
COPYRIGHT 2003 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Bearing for water, food processing - contains titanium and one of more elements selected from chromium, oxygen, nitrogen and carbon and has alpha martensite structure

PATENT-ASSIGNEE: NIPPON SEIKO KK (NSEI)

PRIORITY-DATA: 1997JP-0318244 (November 19, 1997)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
<u>JP 11153140 A</u>	June 8, 1999		007	F16C033/62

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DATE	APPL-NO	DESCRIPTOR
JP 11153140A	November 19, 1997	1997JP-0318244	

INT-CL (IPC): C22 C 14/00; C22 F 1/00; C22 F 1/18; F16 C 33/32; F16 C 33/62

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 11153140A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - At least one of the components such as inner-outer rings or rolling elements contain 1.0-5.0 wt% of chromium. The titanium alloy from which the bearing is made, contains one or more of 0.2-0.9 wt% of oxygen, 0.1-0.5 wt% of nitrogen, 0.1-0.5 wt% of carbon and the remainder is titanium and impurities. The structure has 80% or more of alpha martensite structure by volumetric ratio.

USE - For use under special environments such as in water, food processing machines, semiconductor processing machines, chemical fiber processing machines, sea water chemicals, etc.

ADVANTAGE - The bearing has long life under special environments, as the alpha martensite structure has remarkable hardening quality and it includes chromium.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure is a graph showing relation of chromium content, alpha martensite volume and hardness of bearing material.

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 11153140A

EQUIVALENT-ABSTRACTS:

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/3

DERWENT-CLASS: D15 F06 L03 M26 Q62 U11

CPI-CODES: D03-J; D04-A; F03-C; L04-D; M26-B06;

EPI-CODES: U11-C09X;

Full	Title	Citation	Front	Review	Classification	Date	Reference	Sequences	Attachments
Draw Desc	Clip Img	Image							

KWIC

Generate Collection

Print

Terms

Documents

jp-11153140-\$.did.

2

Display Format:

-

Change Format

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the bearing for special environment especially used under the environment corrosive [, such as water, such as a food machine, a semiconductor manufacture device, and a chemical fiber manufacture machine, and seawater, chemicals,] about the bearing for special environment.

[0002]

[Description of the Prior Art] Like common knowledge, specific strength was large compared with the ferrous material, and, as for the titanium alloy, it far exceeded it of stainless steel also about corrosion resistance, and was expected as a bearing material for special environment.

[0003] Generally as the strengthening method of the high intensity titanium alloy represented by a alpha+beta type and the beta titanium alloy, precipitation strengthening which deposited alpha phase minutely is mainly made by the aging treatment in beta matrix after solution treatment in beta phase field or the alpha+beta two phase field, and it is 2 150kg/mm at tensile strength in a high intensity beta titanium alloy. The alloy which reaches above is developed.

[0004] However, even if it performed heat treatment mentioned above in these alloys, as for hardness, about 35 to 45 HRC needed to perform surface hardening for being a limitation and applying as anti-friction bearing, and needed to raise surface hardness.

[0005] For example, C, N, and O are made to dissolve to the surface layer of titanium or a titanium alloy by carburization, carbonitriding, or nitriding treatment, and the heat-treating method for obtaining hardness required as bearing is indicated by JP,61-2747,B. However, even if it performs prolonged processing, the hardening layer depth is shallow, and for a low reason, the hardness of a core runs short of the hardness of the titanium alloy of a material, hardening of life extension is small, and the actual condition is that the application as bearing is not progressing. That is, in order to have applied the titanium alloy to bearing, the hardness of the titanium alloy put in practical use now needed to be pulled up sharply.

[0006] Generally, by hardening, very hard martensite is formed and, as for SUJ2 and SUS440C which are used as steel for bearing, high hardness is obtained. This is because very a lot of lattice strains are stored by dissolution of C whose martensite of a ferrous material is an invaded type element at the time of a martensitic transformation.

[0007] On the other hand, if it quenches like [titanium alloy] a ferrous material, it is known that alpha'martensite of HCP structure (hexagonal close-packed structure : hexagonal-closest-packing structure) or alpha" martensite of prismatic-crystal structure will be generated by alloy composition. For the martensite of a titanium alloy mentioned above, hardness is a low from the martensite in which there are few amounts of lattice strains and they are generally formed with steel since it is formed of an operation of a replaced type element. For this reason, for applying the titanium alloy which there are and has especially martensitic structure as a charge of anti-friction-bearing material, the cases used like steel with martensitic structure are it idea ***** that it is impossible as a matter of fact. [few]

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] this invention by having been made in consideration of the above-mentioned situation, and optimizing the addition of O, N, and C which are Cr and the invaded type dissolution element which are a replaced type dissolution element By being able to obtain the titanium alloy which has alpha'martensitic structure which was not obtained, and which was hardened remarkably, controlling the quantitative ratio of alpha'martensite by the titanium alloy further conventionally, and using for anti-friction bearing It aims at offering the long lasting bearing for special environment under special environment, such as underwater.

[0009]

[Means for Solving the Problem] In the bearing for special environment in which this invention possessed the bearing washer and the rolling element at least one of the aforementioned bearing washer and the rolling elements The component contains Cr:1.0-5.0 % of the weight, and it is O further. : 0.2 - 0.9-% of the weight N : 0.1 - 0.5 % of the weight C : About the titanium alloy containing 0.1 - 0.5% of the weight of one sort or two sorts or more and Remainder Ti, and the unescapable impurity It is the bearing for special environment characterized by the bird clapper which an organization becomes from 80% or more of alpha'MARUTE site by the volume ratio.

[0010] [Function] -- an operation of the alloy concerning this invention and the critical-like meaning of weighted solidity are explained in full detail hereafter

alpha'martensite will be formed, if alloy elements, such as Cr (chromium), Mn (manganese), Fe (iron), Co (cobalt), etc. which dissolve with a replaced type to [Cr content] titanium, are added and it quenches from beta phase field. this invention person etc. found out that the martensitic structure containing Cr was the hardest, as a result of repeating research about the relation of the martensite and intensity which add these replaced type elements and are obtained. That hardness usually improves by the martensitic transformation as this reason has the large difference of the atomic radius of Cr and Ti compared with other alloy elements, although based on a lot of internal distortion introduced in the case of a transformation, and it becomes large compared with the case where the lattice strain at the time of carrying out a martensitic transformation adds other alloy elements, and is considered that the internal deformation amount introduced along with this increased, and it hardened.

[0011] On the other hand, Cr dissolves to a replaced type to titanium, raises intensity and hardness, is beta stabilizers which expand further beta phase field which is a parent phase in a state diagram, and has the operation to which an Ms point descends by the increase in Cr content. Therefore, an Ms point falls that an addition is superfluous below to a room temperature, even if it quenches, a martensitic transformation stops arising, elasticity beta phase remains at a room temperature, and sufficient hardness is not obtained. Then, this invention person etc. investigated the influence of Cr content exerted on the organization after quenching, and he conducted the following experiments in order to clarify Cr content from which martensitic structure is obtained by quenching.

[0012] About the alloy which contained Cr content one to 10% of the weight, the phi30x10mm test piece was produced, respectively. In addition, in these alloys, O contains about 0.7% as an alloy element so that it may mention later. Water cooling of these test pieces was carried out after 1-hour solution treatment at 900-1100 degrees C from which any alloy serves as beta single phase region. The rate of volume and hardness of martensite were measured about these test pieces.

[0013] After the fixed quantity of the rate of volume of martensite performed chemical polishing for the test piece 60% in -10% ****-ized hydro-acid solution of hydrogen peroxides and removed the surface processing layer, it was performed with the X-ray diffraction method (X diffraction equipment made from Japanese physicochemistry, and tradename: Geiger FREX RAD-III) using CoK alpha rays.

[0014] Drawing 1 shows the relation between Cr content, the rate change of martensite volume, and hardness. Although Cr content serves as martensite single phase at less than 1.0%, contribution of solid solution strengthening of Cr is small, and since hardness becomes small, it is not desirable. On the other hand, at 1.0 - 4.0%, a martensite single phase organization is obtained and Cr content shows very high hardness. Furthermore, although a remains beta phase comes to be formed for Cr content at 4.0% or more, in 4.0 - 5.0% of range, remains beta **** has few Cr contents, and the fall of hardness has them. [few]

[0015] However, if Cr content exceeds 5.0%, elasticity beta phase will increase rapidly and, especially as for hardness, a martensite volume ratio will fall greatly at less than 80%. Furthermore, since the stability of beta phase increases in 6.0% or more of addition and it becomes remains beta single phase by quenching from beta ****, hardness is a low. In addition, martensite checked that it was maximum dense hexagonal alpha'martensite altogether from the X diffraction result.

[0016] That is, if Cr content is 1.0 - 4.0%, it becomes alpha'martensite single phase by quenching from beta phase field, and hardness required as bearing can be obtained. Although it becomes the mixed organization of an elasticity [in 4.0 - 5.0% of range] Cr content as martensite remains beta phase on the other hand and hardness falls a little as compared with a martensite single phase state, if martensite is 80% or more at the rate of volume, the influence affect hardness will not be accepted so much.

[0017] From the above result, the content of Cr considered as 5.0% or less 1.0% or more, and made alpha'martensite 80% or more by the volume ratio. Although the martensite which adds Cr and is obtained is hard compared with the case where other replaced type alloy elements are added as mentioned above, in 2 - 4% composition of Cr contents with the highest hardness, the hardness needed as bearing is not obtained only by Cr addition about by 400 by Hv. When adding other alloy elements as a strengthening element, since a remains beta phase becomes reduce an Ms point and is easy to be formed as for most replaced type elements, it is not desirable. Therefore, as an element which strengthens martensite, addition of the element which dissolves with an invaded type is very effective in titanium, and O, N, and C are suitable as an invaded type dissolution element. Also in the state diagram of which element, it is a ***** alpha stabilizer about alpha phase field, and has the operation which raises the alpha/beta transformation point.

[0018] The [O content] O (oxygen) has a very large solid-solution limit compared with N (nitrogen) and C (carbon), and there is an operation to which it dissolves and intensity, hardness, corrosion resistance, and abrasion resistance are increased, and the effect becomes remarkable by 0.2% or more of addition, and increases in proportion to an addition. However, since toughness will fall remarkably if an addition exceeds 0.9%, as for a content, O's may be 0.9% or less 0.2% or more.

[0019] There is an operation which dissolves and increases intensity, hardness, corrosion resistance, and abrasion resistance, especially the above-mentioned property of N is the largest among the elements which the grade of solid solution strengthening mentioned above, and the [N content] N is remarkable at 0.1% or more of addition. However, since intensity will need to fall and, as for those of O with twice [about], and superfluous addition, the grade of elevation of the alpha/beta transformation point will need to make condition-ized processing temperature remarkably high further if a solid-solution limit is smaller than O and an addition exceeds 0.5%, an addition is made into 0.5% or less 0.1% or more.

[0020] Although the [C content] C (carbon) has few addition effects (improvement in hardness), when adding, it adds as a supplement element of O and N. Since it will become weak if O and N are put in, when [that] easing by C, C dissolves, and increases intensity, hardness, and abrasion resistance, and its ductile fall accompanying the increase in strong is small compared with O and N, and the effect is remarkable at 0.1% or more of addition. However, since hardness and the effect which carries out an on-the-strength rise will be saturated if an addition exceeds 0.5%, an addition is made into 0.5% or less 0.1% or more.

[0021] When adding the invaded type dissolution element of O, N, and C and measuring strengthening, since solid-solution-strengthening ability is very large, O and N can obtain hardness required as bearing by independent addition, and 0.5% or less 0.2% or more of N is [O] desirable 0.9% or less 0.6% or more in this case. On the other hand, the solid-solution limit of C is small, and strengthening ability is small compared with O and N, and since the effect as a strengthening element is small, by independent addition of C, hardness required as bearing is hard to be obtained. Therefore, when adding C, compound addition with both the elements of O, N, or O and N is desirable. The effect is remarkable, when total of the addition of each element becomes 0.5% or more, in carrying out compound addition. However, if total of an addition exceeds 0.9%, since an expedition and toughness will fall remarkably, total of the addition of O, N, and C is desirably made into 0.9% or less.

[0022] The [heat treatment condition] invention in this application is characterized by consisting of volume ratios by 80% or more of martensitic structure, in order to obtain hardness required as bearing. Therefore, solution treatment temperature may carry out heating maintenance at temperature higher than beta TORANZASU, i.e., the temperature from which the quantitative ratio of beta phase and alpha phase is set to 8:2 below by beta TORANZASU which performs heating maintenance in beta phase single phase region, or serves as a alpha+beta two phase field. In addition, the above "beta TORANZASU" shows the point on the line (straight-line (**)) of the temperature which changes from beta single phase field to a alpha+beta two phase field in the state diagram of drawing 3.

[0023] About a cooling rate, when a cooling rate is slow, at a speed later than air cooling, martensitic structure is not obtained, but during cooling, alpha phase deposits so much in the grain boundary, and serves as a alpha+beta two phase organization at a room temperature at it, intensity falls, and hardness required as bearing is no longer obtained. In order to obtain martensitic structure, it is required to quench the speed beyond oil quenching from solution treatment temperature, and considering as water-cooled processing is desirable.

[0024]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the example of this invention is explained. First, phi30mmx10mm a disk-like test piece and ball thrust bearing 51305 were produced about the titanium alloy and steel materials which have composition of the following table 1. These test pieces performed the following heat treatments.

[0025] Heat-treatment Condition (1): Solution treatment was performed in 1-hour Ar atmosphere at 900-1100 degree C, and water cooling was carried out to underwater [25-degree C].

Heat-treatment Condition (2): Solution treatment was performed in 1-hour Ar atmosphere at 900-1100 degree C, and oil quenching was carried out into the 30-60-degree C oil.

Heat-treatment Condition (3): Solution treatment was performed in 1-hour Ar atmosphere at 900-1100 degree C, and air cooling was carried out into the atmosphere.

[0026]

[Table 1]

	記 号	成分(重量%)			
		Cr	O	N	C
本 発 明	A	2.05	0.75	-	-
	B	3.99	0.72	-	-
	C	4.89	0.71	-	-
	D	3.98	-	0.52	-
	E	4.03	0.39	0.22	-
	F	4.02	0.41	-	0.35
	G	4.00	-	0.25	0.41
	H	3.99	0.40	0.15	0.21
比 較 例	I	0.51	0.75	-	-
	J	5.51	0.71	-	-
	K	6.53	0.71	-	-
	L	4.00	0.15	-	-
	M	3.96	0.95	-	-
	N	3.98	-	0.05	-
	O	4.05	-	0.65	-
	P	4.00	-	-	0.45
	Q	3.99	0.22	0.11	0.11
	R	3.99	0.33	0.36	0.24
比 較 例	S	Ti-6Al-4V			
	T	Ti-15V-3Cr-3Sn-3Al			
	U	SUS440C			
	V	SUJ2			

[0027] About the test piece of Ti-6aluminum-4V alloy of the example of comparison, a Ti-15V-3-Cr-3Sn-3aluminum alloy, SUS440C, and SUJ2, solution-izing and an aging treatment, or hardening and temper was performed on the conditions which ****(ed) to the following table 2 and Table 3. About these test pieces, the rate of martensite volume, hardness measurement, a salt spray test, and underwater life test were performed, and the performance was compared.

[0028]

[Table 2]

番号	合金種	熱処理 条件	マルテンサイト 体積率(vol%)	硬さ (HRC)	塩水噴霧 試験結果	水中寿命 ($\times 10^6$ cycle)
1	A	(1)	100	57.6	○	23.8
2	B		100	57.5	○	23.5
3	C		86	57.5	○	21.3
4	D		100	57.3	○	20.9
5	E		100	57.5	○	21.5
6	F		100	57.4	○	21.5
7	G		100	57.9	○	21.7
8	H		100	58.1	○	24.6
9	A	(2)	100	57.5	○	22.9
10	B		98	57.3	○	22.8
11	C		83	57.2	○	20.6
12	D		100	57.0	○	20.0
13	E		92	57.3	○	20.9
14	F		96	57.0	○	20.3
15	G		95	57.5	○	20.2
16	H		95	57.7	○	23.1

[0029]

[Table 3]

番号	合金種	熱処理 条件	マルテンサイト 体積率(vol%)	硬さ (HRC)	塩水噴霧 試験結果	水中寿命 ($\times 10^6$ cycle)
比	1	I	100	39.3	○	1.8
	2	J	57	36.3	○	2.2
例	3	K	0	33.0	○	1.9
	4	L	100	51.9	○	8.8
	5	M (1)	100	59.6	○	9.1
	6	N	100	39.2	○	1.4
	7	O	100	58.6	○	8.9
	8	P	100	40.1	○	2.3
	9	Q	100	42.5	○	4.4
	10	R	100	59.1	○	9.8
比	11	S *1	0	39.2	○	1.4
例	12	T *2	0	43.6	○	1.8
	13	U *3	—	60.1	△	1.2
	14	V *4	—	62.5	×	1.1
比	15	A	5	42.3	○	1.2
	16	B	3	42.0	○	1.3
例	17	C	0	40.8	○	0.9
	18	D (3)	0	38.0	○	0.7
	19	E	0	38.9	○	0.9
	20	F	0	37.9	○	0.9
	21	G	0	41.3	○	1.3
	22	H	0	43.2	○	1.8

但し、*1 : 950℃水冷、540℃-4Hr時効

*2 : 800℃水冷、450℃-6Hr時効

*3 : 1050℃焼入、180℃-2Hr焼戻

*4 : 840℃焼入、180℃-2Hr焼戻

[0030] The salt spray test was performed in test time 150 hours using 35 degrees C and 5%NaCl solution, measured weight change after removing the corrosive organism of the specimen after an examination, and evaluated the corrosion rate by mm/the year. In addition, as an error criterion, the case of ** and 1.3mm/year or more was made [the case of 0.13mm/year or less] into x for the case of O and 0.13-1.3mm/year.

[0031] Underwater life test was underwater held by using thrust anti-friction bearing] as a tested piece using the underwater thrust life test machine as shown in drawing 2 , and it was performed, making tap water overflow. In addition, in drawing 2 , numbering 2 is the container which offered the feed hopper 3 of tap water, and the exhaust port 4. Moreover, numbering 5, 6, and 7 is the cages holding the rolling element made from a silicon nitride arranged inside the bearing washer which constitutes the aforementioned bearing 1, respectively, and a bearing washer 5, and this rolling element 6 made of a fluororesin. The aforementioned bearing 1 is held in the state where it pressed to underwater [in a container 2] by the up-and-down shaft 8.

[0032] The life judging made the bearing life the time of the vibration level detected by the acceleration pickup amounting to about 5 times of initial value. A test condition is shown below.

load: -- 150kgf rotational frequency: -- 1000rpm examination bearing: -- ball thrust bearing 51305, -- the rate of martensite volume was measured again using the above-mentioned method

[0033] The rate of martensite volume, hardness, the salt spray test, and the underwater life test result were also shown in the above-mentioned table 2. In the case of the examples 1-16 of this invention which is the test piece of Table 2, it became clear that the rate of martensite volume has 57 or more-HRC hardness at 80% or more, and corrosion resistance is also good as for all, and the effect of life extension is more remarkable than an underwater life test result. However, in the case of oil quenching of examples 9-16, it has checked that the rate of martensite volume and hardness fell a little, and the life was falling slightly. Cooling after solution treatment has a cooling rate smaller than water cooling at oil quenching, and this is because the deposit of alpha phase of a minute amount arose during cooling, and is considered that water cooling is desirable as the cooling method after solution treatment from this result.

[0034] Among the test pieces of Table 3, although the example 1 of comparison is a martensite single phase organization, since too little [Cr content], contribution of solid solution strengthening of Cr is small, and sufficient hardness is not obtained. For the

example 2 of comparison, and the example 3 of comparison, since Cr content is excessive, the stability of beta phase will become high and a lot of remains beta phases will be formed at the time of cooling, a volume ratio falls [martensite] to 80% or less, and hardness is a low. The rate of martensite volume is 0%, i.e., a remains beta single phase organization, and, especially as for the example 3 of comparison, hardness became a single life low.

[0035] The examples 4-9 of comparison are all martensite single phase organizations among the test pieces of Table 3 in the case where each invaded type element of O, N, and C is added independently. However, as for the example 4 of comparison, and the example 6 of comparison, eye a too little hatchet and hardness serve as a short life low [an addition]. Moreover, the example 5 of comparison and the example 7 of comparison are stiffened although eye a superfluous hatchet and hardness have a high addition, and they are small. [of the effect of life extension]

[0036] Although it is the case where C is independently added as an invaded type solid-solution-strengthening element, the life of an addition is short [the example] although the example 8 of comparison is within the limits of a claim. as mentioned above, the solid-solution-strengthening ability of C is because it is small and the effect is inadequate as compared with O and N, and this needs to carry out compound addition with both the elements of O, N, or O and N, when adding C

[0037] Although the example 9 of comparison and the example 10 of comparison are the cases where compound addition of O, N, and the C is carried out, in the example 9 of comparison, hardness with it is not obtained. [total of an addition smaller than 0.5% and] [sufficient] On the other hand, in the case of the example 10 of comparison, since total of an addition was over 0.9%, strengthening stiffening was carried out and it became a short life.

[0038] although the example 11 of comparison and the example 12 of comparison are all practical use titanium alloys -- a solution treatment aging treatment standard as heat treatment -- giving -- a alpha+beta two phase -- for an intermediary **** reason, the rate of martensite volume is 0% Although hardness is increasing from the state with solution treatment by precipitation strengthening of alpha phase, HRC 40-45 and since it is low, it is a short life.

[0039] The example 13 of comparison and the example 14 of comparison are all ferrous materials, and inferior to corrosion resistance in the stiff sharply from the titanium alloy of the invention in this application with the salt spray test very much. Therefore, in underwater life test, wear advances quickly by corrosion, and it is a short life.

[0040] Although the examples 15-22 of comparison are using the alloy concerning the invention in this application, the rate of martensite volume and hardness are short lives low. This is because alpha phase deposited during cooling since cooling after solution treatment was air cooling, and it became a alpha+beta two phase organization at the room temperature.

[0041] That is, in order to obtain 80% or more of martensite by the volume ratio by the invention in this application, it is desirable for it to be necessary to cool with the cooling rate beyond oil quenching from solution treatment temperature, as mentioned above, and to carry out water-cooled processing as an ideal.

[0042]

[Effect of the Invention] The long lasting bearing for special environment can be conventionally offered under special environment, such as underwater, by being able to obtain the titanium alloy which has alpha'martensitic structure which was not obtained in a titanium alloy, and which was hardened remarkably, controlling the quantitative ratio of alpha'martensite further, and using anti-friction bearing by optimizing the addition of O, N, and C which are Cr and the invaded type dissolution element which are a replaced type dissolution element according to [as explained in full detail above] this invention.

[Translation done.]